

サーミスタを用いた温度調節器について

中 川 孝 之

On the Device of the Temperature Control with the Thermistor.

Takayuki NAKAGAWA

I have investigated two kinds of the devices, which are made for the temperature control of the fire plane. They are produced with the thermistor, thyatron, relay and many other electrical elements, and are chiefly characterized by the operation of the thyatron, namely one of these is made using the method of the amplitude control of the thyatron, the other of these made using the method of the phase control.

By the experiments, I have found that the former is more accurate than the latter as for the action of the temperature control.

1. はしがき

サーミスタの基本的な特性をあらわす抵抗, 温度係数, および熱放散率などの値は, 任意のものに出来得るので, その目的に応じたサーミスタを選ぶことによつて, 種々の装置が試作⁽¹⁾されている。これ等の中で温度と抵抗の特性を用いた温度調節器については, 既に二三の報告もあるし, 又最近ではこれを用いた調節器も市販されている。

筆者は OS-BT2 (大泉製作所) なるサーミスタを用いて, 2 種類の温度調節器を試作した。その一つは交流ブリッジを用い抵抗変化により生ずる不平衡電圧を増幅し, これを放電管グリッドに導き, リレーを働かせ, 電気炉の加熱電流を変化させる方法と, 他の一つは交流ブリッジ回路の抵抗変化によつて位相変化させ, 放電管を位相制御し, リレーを働かせ電気炉の加熱電流を変化させ, 温度調節する方法である。ここに述べるのは調節精度の点に注意して, その動作機構に考察, 実験を試みたものである。

2. 装置およびその回路

図-1 の回路のような温度検出部, 信号増幅部, 熱の供給するためのリレー回路部をもつ装置と, 図-2 の回路のような温度検出部と熱供給のためのリレー回路部をもつような 2 組の温度調節器を試作した。

更にそれぞれの回路の説明をすれば, 図-1 では R_A , R_B , Th で交流ブリッジを作り, 可変抵抗 R_A でブリッジの平衡を取る。 R_B はブリッジ平衡を取る場合, 倍率を変えるための切換スイッチであり, Th は電気炉に押入するサーミスタである。一方電気炉は四ツロフラスコに絶縁油を入れ, この油中へ電熱線を入れ, 油を攪拌器で攪拌し, 油の場所的温度変化を無いようにした。このようにして作られた炉は室温と約 70°C 以下の温度差を持っている。更に高温度差を持たせ得るが, 温度調節器の動作機構をしらべるにはこれで充分と考えた。

次に温度検出する場合, ブリッジの不平衡電圧を二段増幅 (60 cycl に対し 60 db ぐらいの増幅度

る制御と共にに行いやすい事がわかる。

3.2 サイラトロン（放電管）の動作

筆者は入力信号の位相角，電圧，交流陽極電流の点弧角，および負偏倚電圧等に必要な仮定をして放電管の動作を考察した。

サイラトロンの起動特性を図-3のように仮定すると，陽極電圧，電流，グリッド電圧の位相角，負偏倚電圧等の間に図-4の関係があると考えられる。実際の起動特性は図-3においてABC曲線で示されるが，解析を容易にするためABOなる直線を仮想した。図-4においてoab, o'a'b'は放電管に加わる瞬時電圧と時間の関係を示し，曲線oedab, oe'd'a'b'は放電管電流の時間的变化を示し，曲線pqrsは入力信号電圧の時間的变化，MNは負の偏倚電圧をあたえ，曲線ocb, o'c'b'は図-3から得られる曲線である。そして点弧角 θ はoeなる長さに比例し，位相角 φ はMpの長さに比例する。

この様な関係においてサイラトロンが点弧するための条件，これを点弧開始条件と呼べば，次式であたえられる。

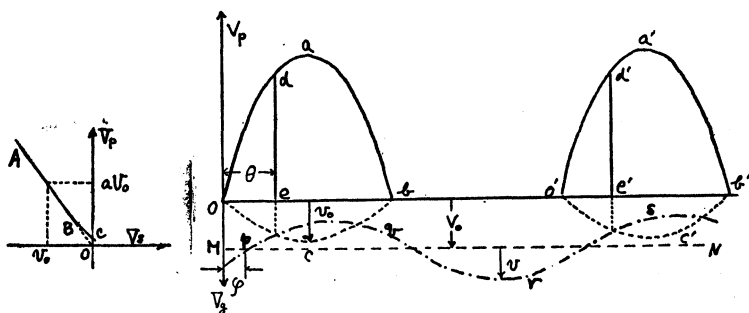


図-3

図-4

$$v_0 \sin \theta = V_0 - v \sin(\theta - \varphi) \quad (3.1)$$

ここでは V_0 は格子に加わる負偏倚電圧， V_0 は放電管陽極電圧の最大値に対し点弧するための最大格子電圧で，これは起動特性から定まる。 V は入力信号電圧の最大値で θ は点弧角，そして φ は入力信号の位相角である。

更に $\frac{v_0}{v} = n, \frac{V_0}{v} = m$ とすれば (3.1) は次のようになる。

$$\sin \theta = m - n \sin(\theta - \varphi) \quad (3.2)$$

次に放電管を振幅で制御する場合と位相で制御する場合を考える。

3.2.1 振幅制御

3.2の(3.1)式より θ を求めると

$$\theta = \sin^{-1} \frac{m}{\sqrt{1+2n\omega \cos \varphi + n^2}} + \sin^{-1} \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1+2n\omega \cos \varphi + n^2}} \quad (3.3)$$

となるが振幅で制御する場合は $\varphi = 0$ でなければならない。従つて (3.3) 式は次のようになる。

$$\theta = \sin^{-1} \frac{m}{1+n}$$

次に $\theta = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ そして 90° に対する mn の関係を図示すれば図-5 になる。一方放電管電流の変化で最も良くリレーが動作する点弧角は $\theta = 90^\circ$ の時である事が容易に分る。それで $\theta = 90^\circ$ ならしめる m, n の関係は次のようになる

$$m = n + 1 \quad (3.5)$$

この関係は実験的に確かめられる。

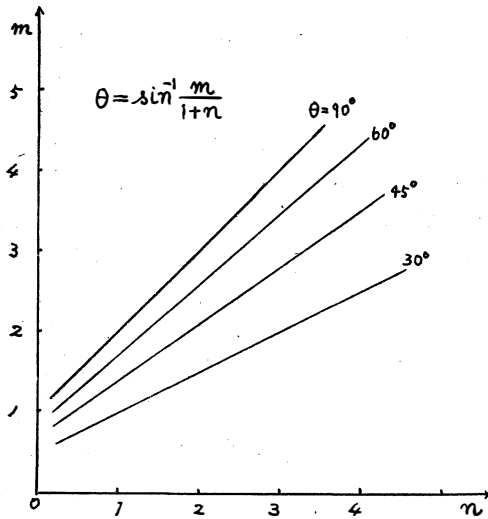


図-5

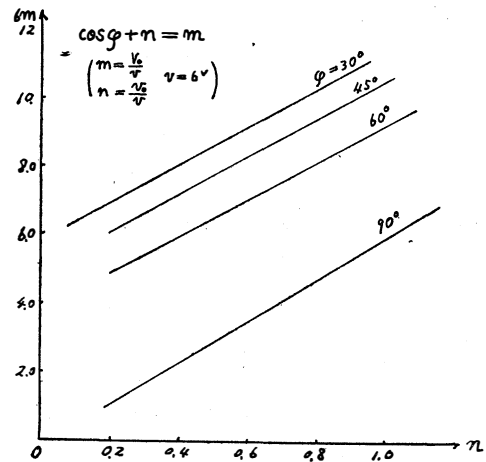


図-6

3.2.2 位相制御

前にも述べたようにリレー動作が最も鋭敏に動作する θ は 90° であるから $\theta = 90^\circ$ ならしめる位相角と m , n の関係は次のようにあらわされる

$$\cos \varphi + n = \pm m \quad (3.6)$$

ここで負号の解は実験的に意味をもたない。

次に $\varphi = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ に対する $m \sim n$ 曲線は図-6 のようになる。ここで $\varphi = 0$ とすれば式の形では (3.6) 式 (3.5) 式に一致する。

この関係を実験的に確かめる事は容易でない。それは φ の値をそれぞれの値である事を確かめることが困難なためである。

以上の関係は放電管動作の機構を知るため、数種の曲線からも出て来る。これ等の曲線は数値計算により求めた。又動作機構を考えるのに便利であるので附録として終りにかけける。

3.3 マイクロスイッチリレーの動作

リレー接点の運動は放電管陽極電流によつて定まる。このリレーが最良の状態で作動させるためには、陽極電流は前述したように流れることが必要であるが、鉄心の磁束変化と接点の運動の関係が適当でなければならない。

ここで可動鉄片の運動について考える。今「電気回路と振動論」⁽²⁾を参照すれば鉄片の運動方程式は次のようである。

$$\ddot{x} = -\frac{r}{(a-x)^2} - \omega_0^2 x$$

$r = \frac{M^2 S_2}{8\pi m}$, $\omega_0 = \frac{k}{m}$ で M はコイルのアンペアターンに比例する量であり、 a は磁路の長さ、鉄片が吸引されない場合の位置等に関する量である。この解析をするため $y = \dot{x}$ とし上式を変形する。

$$y dy + \left[\omega_0^2 x - \frac{r}{(a-x)^2} \right] dx = 0$$

$$\frac{1}{2} y^2 + V(x) = \text{const} = W$$

$$V(x) = \frac{1}{2} \omega_0^2 x^2 - \frac{r}{a-x}$$

そこで $V_1(x) = \frac{1}{2} \omega_0^2 x^2$, $V_2(x) = -\frac{r}{a-x}$ とし $V(x)$ を図示すると図-7 となる。

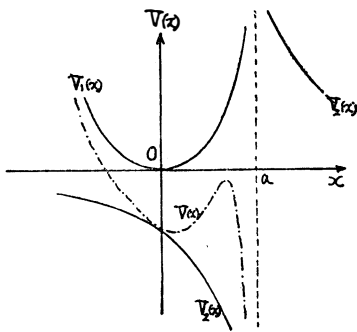


図-7

態は適当な電流値によって $V(x)$ 曲線が $x=x_0$ で変曲点をもつような電流のあたえ方をすれば良いと考えられる。これは実験的に放電管に加えられる電圧を抵抗によって調整することによって得られることが容易に分る。この事は図-1および図-2において R_D および R_P を変えることに相当する。

4. 実験および結果

温度計にサーミスタを出来るだけ接近させて、四ツ口フラスコの一つの口に挿入し、二つの口から電熱線を取り出し、これをリレー接点を通り電源に接続する。更にもう一つの口から攪拌棒をフラスコ内部に入れ、油を常に攪拌するようにする。温度の検出およびリレーの動作は前述の様にし、この関係図は図-8のようである。

そこで先ず放電管グリッドの電圧を R_C によって加減し、その全変化を $0V \sim -30V$ ならしめる。この可変抵抗は B 型である。

次に検出器の交流ブリッジの R_B の選び方に対し R_A の可変抵抗 (B 型) $50K\Omega$ を 100 等分し、このダイヤル目盛と温度計温度の関係を求めると図-9のようになり、一定温度調節の精度は $\pm 0.2^\circ C$ とすることが出来た。又夫々の R_A に対する温度調節の誤差は、図-10の

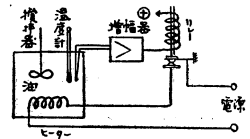


図-8

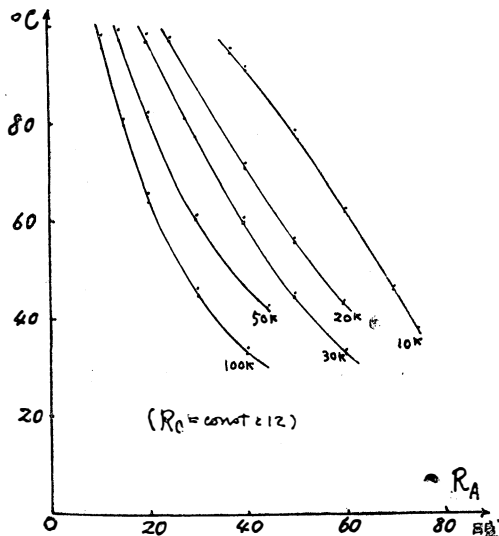


図-9

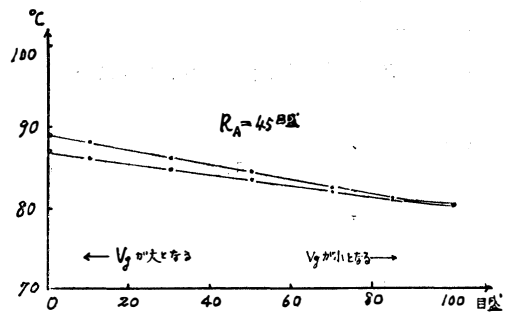


図-10

ように偏倚電圧が小さいほど小さくなる傾向にあることがわかった。これ等の関係は放電管の振幅制御法による結果であるが、位相制御法においては R_A を変化させ偏倚電圧が $5V$ 以下でなければ制御装置として使用できない。又動作の精度は非

常に悪く、最も良い場合でも $\pm 1^\circ C$ の誤差を有している。

又位相制御法は前にも述べた通り、高温の調節には適当ではないことが実験結果からも知るこ

とができる。この結果は図-11、図-12のようである。

5. むすび

常温より 100°C にいたる範囲に対する振幅制御法による試作調節器の動作機構とその精度、および常温以下に対する位相制御法による試作調節器の動作機構とその精度を実験的に調べた。

ここでこれ等の動作機構をしらべるにあたり、大きな二つの仮定をしていることである。すなわちその一つは放電管の特性と他の一つはマイクロスイッチの磁束密度はヒステリシスをもたないと言う事である。

終りに日頃御指導下さっている東大西野教授、南雲助教授そして当工学部井上教授に感謝する。なほ実験を行うにあたり当工学部電気工学科職員の御援助を感謝する。

附 録

3.2 で述べたように放電管の動作の状況を知るため点弧開始条件を図示する。これは動作を考える上に大いに役立つと考へられる。

[A] 振幅制御のとき、

図-13は m , n をパラメーターとして、 θ と n , m の関係をあらわす。

[B] 位相制御のとき

図-14は $\theta = \frac{\pi}{2}$ となるようにするため、 m , n をパラメ

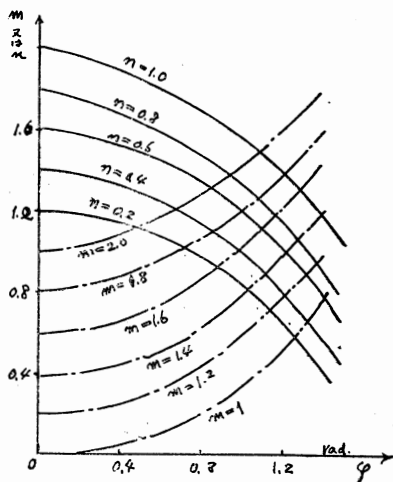


図-14

ーターとし、 ϕ と n , m の関係をあらわす。

図-15は n を一定とし、 m をパラメ

ーターとした θ と ϕ の関係をあらわす。

図-16は ϕ を一定とし、 n をパラメーターとした θ と m の関係をあらわす。

図-17は n を一定とし、 ϕ をパラメーターとした θ と m の関係をあらわす。

図-18は n を一定とし、 m をパラメーターとした θ と ϕ の関係をあらわす。

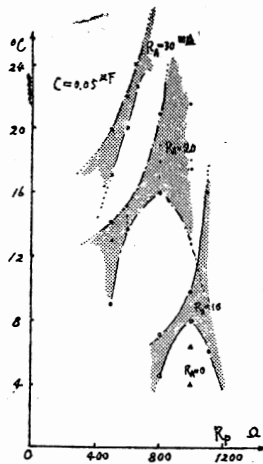


図-11

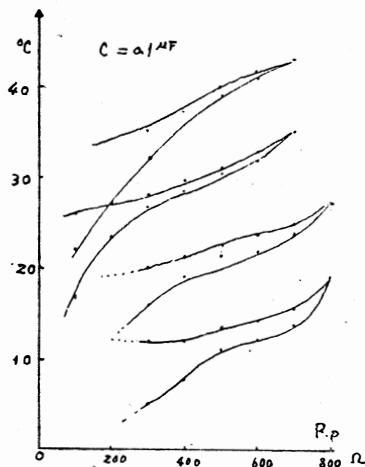


図-12

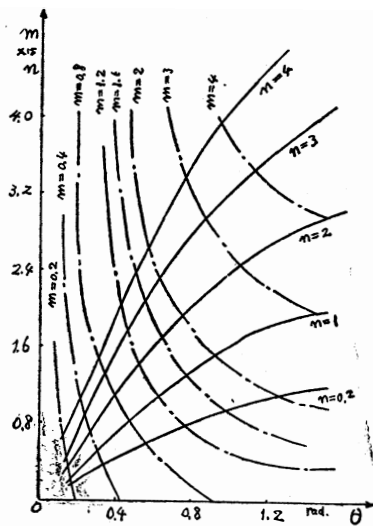
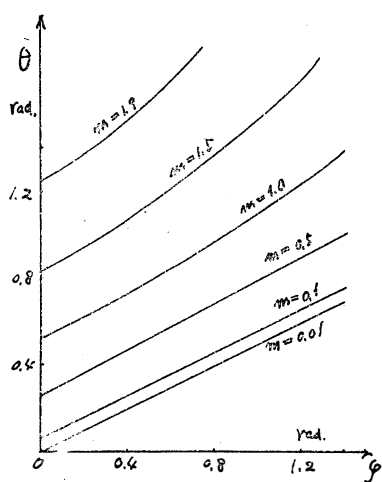
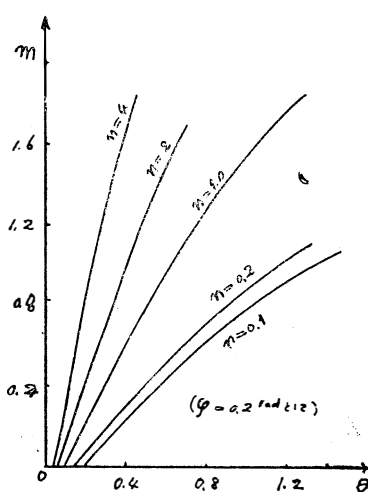


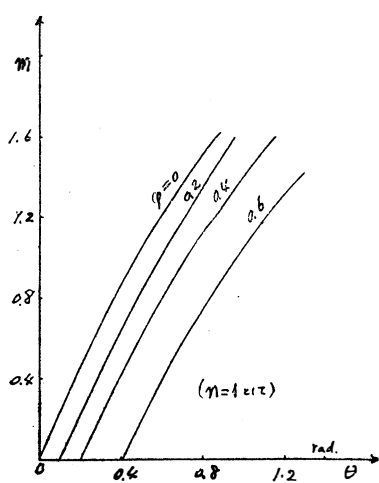
図-13



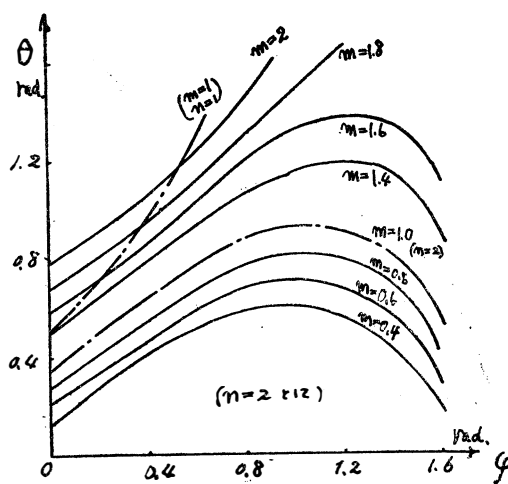
図—15



図—16



図—17



図—18

参考文献

- (1) 金子 吉田 東芝レビュー 8 No.4 251 (1953)
A.H.Taylor Electronics 23 July 154 (1950)
- (2) イエム・カプチンスキー 電子回路と振動論 P68
関根智明訳